

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-249517  
 (43)Date of publication of application : 26.09.1995

(51)Int.Cl.

H01F 10/08  
 G01K 7/36

(21)Application number : 06-066611

(22)Date of filing : 10.03.1994

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

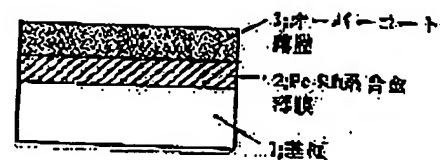
(72)Inventor : OTANI YOSHIMITSU  
 YOSHIMURA BUNICHI  
 HATAKEYAMA IWA0

## (54) TEMPERATURE-SENSITIVE MAGNETIC THIN FILM, ITS MANUFACTURE, AND PHOTODETECTING TYPE THIN FILM TEMPERATURE SENSOR

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To provide techniques related to a temperature-sensitive magnetic thin film to which a designated temperature can be set easily with high accuracy and which can be formed through a simple process, the manufacturing method of the thin film, and a temperature sensor which utilizes the thin film and can accurately detect the temperature of a very small area by light from a remote area.

**CONSTITUTION:** A temperature-sensitive magnetic thin film composed of a thin film 2 of an Fe-Rh alloy which has the crystal structure of cesium chloride and contains an element selected from among Pd, Pt, Ir, Ru, and Os by  $\leq 5\text{atm}\%$  and a nonmagnetic thin film 3 which is formed on the thin film 2 and a partially varying thickness, a temperature-sensitive thin film manufacturing method by which the nonmagnetic thin film 3 is unevenly formed on the alloy thin film 2, and a photodetecting type thin film temperature sensor using the temperature-sensitive magnetic thin film. Therefore, the temperature-sensitive thin film which can be arbitrarily controlled to a designated temperature with accuracy can be easily manufactured and a manufacturing method by which the temperature-sensitive thin film can be manufactured through a simple process so that the sensitive temperature of the thin film can be easily corrected is provided. In addition, a thin film temperature sensor which can detect the temperature of a very small area by light from a remote place can be obtained.



## 引用文献 2

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-249517

(43) 公開日 平成7年(1995)9月26日

(51) Int.Cl.

H01F 10/08

G01K 7/36

識別記号

庁内整理番号

FI

技術表示箇所

Z

審査請求 未請求 請求項の数 5 FD (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平6-66611

(22) 出願日 平成6年(1994)3月10日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72) 発明者 大谷 佳光

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

(72) 発明者 吉村 文一

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

(72) 発明者 畠山 巖

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁護士 雨宮 正季

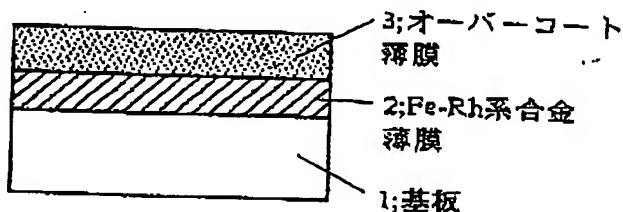
(54) 【発明の名称】 感温磁性薄膜とその作製方法ならびに光検出型薄膜温度センサ

## (57) 【要約】

【目的】 指定温度を精密に、しかも簡便に設定でき、かつ薄膜化プロセス化が容易な感温磁性薄膜およびその作製方法ならびに、この薄膜を利用した、微小領域の温度を精度よく、遠隔的に光によって検知する温度センサに関する技術を提供する。

【構成】 Pd、Pt、Ir、Ru、Osから選ばれた元素を5atm%以下含有する、塩化セシウム結晶構造のFe-Rh系合金の薄膜2上に、部分的に厚さの異なる非磁性の薄膜3が堆積されてなる感温磁性薄膜、合金薄膜上に非磁性の薄膜を不均一に堆積する感温磁性薄膜の作製方法、および上記感温磁性薄膜を使用した光検出型薄膜温度センサである。

【効果】 指定温度を任意に、しかも精密に制御できる感温磁性薄膜が簡便に作製でき、且つ薄膜化、プロセス化が容易で、感温設定を修正できる感温磁性薄膜の作製方法ならびに、微小領域の温度を精度よく、遠隔的に光によって検知する薄膜温度センサが実現できるという利点がある。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】Pd、Pt、Ir、Ru、Osから選ばれた元素を5atm%以下含有する、塩化セシウム結晶構造のFe-Rh系合金の薄膜上に、部分的に厚さの異なる非磁性の薄膜が堆積されてなることを特徴とする感温磁性薄膜。

【請求項2】前記非磁性の薄膜が、SiO<sub>2</sub>、SiC、SiNから選ばれた1種以上であることを特徴とする請求項1記載の感温磁性薄膜。

【請求項3】Pd、Pt、Ir、Ru、Osから選ばれた元素を5atm%以下含有する、塩化セシウム結晶構造のFe-Rh系合金薄膜を形成し、前記合金薄膜上に非磁性の薄膜を不均一に堆積することを特徴とする感温磁性薄膜の作製方法。

【請求項4】前記非磁性の薄膜が、SiO<sub>2</sub>、SiC、SiNから選ばれた1種以上であることを特徴とする請求項3記載の感温磁性薄膜の作製方法。

【請求項5】Pd、Pt、Ir、Ru、Osから選ばれた元素を5atm%以下含有する、塩化セシウム結晶構造のFe-Rh系合金の薄膜上に、部分的に厚さの異なる非磁性の薄膜が堆積されてなる感温磁性薄膜と、前記感温磁性薄膜に直線偏光を入射する手段と、前記直線偏光の前記感温磁性薄膜からの反射光を検出する手段と、前記感温磁性薄膜の表面に略平行な方向に磁場を印加する起磁力源とを有することを特徴とする光検出型薄膜温度センサ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は感温磁性薄膜とその作製方法ならびに光検出型薄膜温度センサ、さらに詳細には、様々な感温センサ、感温アクチュエータ等に応用できる磁性薄膜およびその作製法、ならびに感温磁性薄膜を利用した温度センサに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】温度の変化に伴って、磁性体の磁化、透磁率、保磁力などの磁気的性質が急激に変化することを利用した、いわゆる感温素子が広く用いられている。サーマルリードスイッチはその代表的なもので、指定温度にキュリー温度を持つフェライト磁心と永久磁石、リードスイッチを組み合わせたものである。これは、指定温度におけるフェライトの透磁率の急激な低下によってリードスイッチに加わる磁界が変化することで、主回路を開閉する温度制御素子であり、冷蔵庫、電子ポット、自動車のエンジンの監視などに実用されている。この温度センサとしての利用の他にも、感温磁性材料は熱エネルギーを電気・機械エネルギーなどへの変換素子、生体加熱等へも応用されている。

【0003】近年は、電子機器の小型、軽量化への要請が一層高まったり、電子回路のシリコンチップ上一体化して薄膜形態で使用するセンサ、アクチュエータに対する

(2)

特開平7-249517

2

期待が大きい。また、温度に対する精度の増加、多様な指定温度の設定が必要となっている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】これら要請に対して従来技術では次のような不都合があった。すなわち、一つは、指定温度を精密に制御することが困難であることである。指定温度を変えるには材料のキュリー点を変化させる必要がある。キュリー点は材料固有の性質であり、これを変化させるためには材料の組性を直接変える必要がある。Mn-Cu系フェライト、Fe-Ni-Cr系合金、Cu-Ni系合金などが多く使用される材料であるが、これらにおいて、各々の系における組成比率、あるいは温度によっては、合金系そのものを選択、変化させなければならない。またキュリー点が変われば、磁化の絶対値なども同時に変化するので、指定温度、機能によって、単品としての設計が必要となる。

【0005】二つには、薄膜化、プロセス化に当たっての困難性である。薄膜化に当たっては、上記組成に対する制御の厳密性はさらに要求される。また、集積化にあたり、いくつもの指定温度の材料を組み合わせるにはそれぞれの組成の膜を別々に堆積せねばならず、プロセスが膨大になってしまう。さらに、これらに加え設計変更、指定温度の変更に関しては、以前の薄膜プロセスは適用できず、素子形成後の指定値変更は不可能である。

【0006】これら不都合に加え、医療分野、耐電磁ノイズの要求される分野および、防燥性の要求される分野においては、電気的な回路、接点などを用いず、しかも微小領域の温度を光によりセンシングする遠隔的な温度センサが望まれているが、従来、このような温度センサはなかった。

【0007】本発明は、上記問題点に対して、指定温度を精密に、しかも簡便に設定でき、かつ薄膜化プロセス化が容易な感温磁性薄膜およびその作製法ならびに、この薄膜を利用した、微小領域の温度を精度よく、遠隔的に光によって検知する温度センサに関する技術を提供することを目的としている。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明による感温磁性薄膜は、Pd、Pt、Ir、Ru、Osから選ばれた元素を5atm%以下含有する、塩化セシウム結晶構造のFe-Rh系合金の薄膜上に、部分的に厚さの異なる非磁性の薄膜が堆積されてなることを特徴とする。

【0009】また、本発明による感温磁性薄膜の作製方法は、Pd、Pt、Ir、Ru、Osから選ばれた元素を5atm%以下含有する、塩化セシウム結晶構造のFe-Rh系合金薄膜を形成し、前記合金薄膜上に非磁性の薄膜を不均一に堆積することを特徴とするものである。

【0010】さらに本発明による感温磁性薄膜を使用し

た光検出型薄膜温度センサは、Pd、Pt、Ir、Ru、Osから選ばれた元素を5atm%以下含有する、塩化セシウム結晶構造のFe-Rh系合金の薄膜上に、部分的に厚さの異なる非磁性の薄膜が堆積されてなる感温磁性薄膜と、前記感温磁性薄膜に直線偏光を入射する手段と、前記直線偏光の前記感温磁性薄膜からの反射光を検出する手段と、前記感温磁性薄膜の表面に略平行な方向に磁場を印加する起磁力源とを有することを特徴とするものである。

【0011】本発明の特徴の一つは、キュリー温度における磁気特性の変化を利用するのではなく、Fe-Rh系合金の薄膜における反強磁性から強磁性へ変化する磁気相転移を利用する点である。Fe-50at%Rh近傍組成の合金（Fe-45～56at%Rh組成）はCsClタイプのbcc規則合金となる。この規則合金は、低温において反強磁性であるが、60℃～100℃において強磁性に遷移する。また、0～5原子%のPd、Pt、Ir、Ru、Osを前記合金に添加すると、転移温度は50～400℃程度の範囲で変化させることができる。転移温度において磁化のほとんどない状態から不連続に磁化約1000G程度が発生するために、温度センサや感熱駆動アクチュエータなど多くの応用の可能性がある。このバルクにおける特性を薄膜で利用することに着目している。

【0012】特徴の二つ目は、上記Fe-Rh系合金薄膜をまず基板上に作製してから、非磁性の薄膜をオーバーコートする点である。このオーバーコート薄膜はFe-Rh薄膜に加わる応力を制御する目的で形成するものである。Fe-Rh系合金における反強磁性-強磁性相転移は、応力に敏感であり、バルクにおいては、100MPaの静水圧（圧縮応力）あたり、5から6℃の相転移点の増加が生じることが知られているが、静水圧下で素子を形成するのは実用的でない。発明者らは、非磁性薄膜オーバーコートという手法により、薄膜に適した、2次元的な応力付与によって、転移点の制御ができることを発見し、本発明に至ったのである。

【0013】詳細は実施例にて後述するが、図1に、薄膜構成の模式図、図2にオーバーコートによる磁化の温度に対する挙動の変化の例を示した。図1において1は基板、2はFe-Rh系合金薄膜、3は非磁性オーバーコート薄膜を示す。また、図2において、Aがオーバーコート前の厚さ2000ÅのFe<sub>51</sub>Rh<sub>49</sub>合金薄膜をスパッタ法で形成して、1000℃でアニールした後の磁化の温度変化を示すものである。この薄膜に厚さ2000ÅのSiO<sub>2</sub>をスパッタ法で形成すると、Bのように相転移温度が高温側にシフトしていることがわかる。これはオーバーコートによって、Fe-Rh系合金薄膜に圧縮応力が加わったためである。このオーバーコートによる応力付与で都合の良い点は、オーバーコートの膜厚を変えることで、応力の大きさを簡便に制御でき

(3)

特開平7-249517

ることである。さらには、オーバーコートする際の薄膜形成条件や材料を変えることによって、圧縮、引っ張りの両応力を付与することもできる。このため、初めに形成してあるFe-Rh系合金薄膜の磁気相転移点を高温側にも、低温側にも、後から調整ができるという極めて利便性に富む作製法である。加えて、薄膜全体のみならず、薄膜一部領域だけの相転移温度の変更、あるいは、温度に対する磁化変化量を任意にするということが可能になる。

【0014】ある設定温度において、オンオフする感温スイッチを集積して、複数の異なる温度で各々スイッチングする素子を形成しようとする際には、従来技術であれば、それぞれ別な組成の薄膜を別々に形成し集積化する必要があった。本発明によれば、もともになるFe-Rh系合金薄膜は同一のものを用いて、部分的に、コートする非磁性薄膜の膜厚を変えることは容易である。また、ある薄膜の領域において、非磁性薄膜の膜厚を連続的に変化させる、すなわち、膜厚勾配をつけることも可能となる。

【0015】図3はオーバーコート薄膜3に膜厚勾配をつけた際の構成の模式図である。オーバーコートに膜厚勾配（分布）があると、Fe-Rh系合金に対する応力にも勾配が生じ、転移温度にも分布が生じるため、温度増加とともに、部分的に相転移が起き、徐々に磁化が増加するという効果が現われる。これにより従来の材料では不可能であった。温度上昇とともに直線的に磁化増加を示す薄膜材料の作製が可能になる。

【0016】上記感温薄膜の作製法によって、薄膜の部分部分で転移温度を変えれば、従来にできなかった温度に対して非常に精密な、しかも微小領域で光によって遠隔的に温度を検出するセンサができる。図4は、本発明の光検出型薄膜温度センサの模式図である。41はFe-Rh系合金薄膜、42は基板、43は永久磁石であり、ヨーク44を通して、膜面平行に磁場が印加されている。一方、発光素子45からの光は光ファイバ46ならびに、偏光子47をとおして偏光が薄膜41面に照射される。薄膜41から反射した光は、カー効果によって、磁化の大きさに対応して偏光面が回転した後、検光子48、ファイバ49を通じて、受光素子410にて光強度が検出される。温度上昇によって、Fe-Rh系合金の磁化が発生するとそれに対応して受光強度が変化するために、温度を遠隔的に調べるができる。

【0017】光の照射、検出はファイバをもちずに、空間を飛ばしても差し支えない。本発明の特徴は、薄膜41であり、図5に示すようにいくつかの部分411に別れていて、それぞれ別な膜厚のオーバーコートがなされている。すなわち、薄膜部分411はそれぞれ、異なる温度で磁化発生する。この分割数、ならびに温度設定はオーバーコートの種類、膜厚で指定の範囲に設定できる。各分割を多くするほど、温度に対する精度が向上す

5

る。プロセスの点からも、マスクをずらしながらオーバーコートするなどすれば、各分割領域での膜厚の変化は簡単である。また、分割しなくとも、オーバーコート薄膜の膜厚に勾配があって、磁気相転移が温度に対して連続的に発生させることもできる。従来技術で本センサと同様の機能を持たせようとする、薄膜部分411の各々を別々の組成の感温材料薄膜を膜厚や組成の精度よく形成する必要があったが、本発明によれば、格段に簡便であることは明白であろう。

【0018】以下、実施例をあげて説明する。

【0019】

【実施例1】まず、非磁性オーバーコート薄膜の応力が膜厚とともにどのように変化するか調べた。Si基板上に、Arガス圧 $3 \times 10^{-1}$  Pa、パワー300Wの条件でSiO<sub>2</sub>薄膜をスパッタリングにて膜厚を変化させて作製した。これとは別にSi基板にECRプラズマCVD法により、プラズマ形成ガスにArを、反応ガスとしてSiH<sub>4</sub>/C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>=1.15の流量比率でガス流量50 sccm、基板温度700℃の条件でSiC薄膜を形成した。それぞれの薄膜の膜厚と応力の関係を図6に示す。スパッタで形成したSiO<sub>2</sub>は圧縮応力となり、ECRプラズマCVDで形成したSiCは引っ張り応力となった。膜厚1000Åに対してそれぞれ $2.3 \times 10^8$ 、 $-1.6 \times 10^8$  Paの増加率で、膜厚に対して応力は比例していた。

【0020】さて、Fe50Rh50合金薄膜、すなわちFeとRhの1:1の組成の薄膜をArガス圧 $3 \times 10^{-1}$  Pa、パワー150Wにてスパッタで石英基板上に2000Å形成して、1000℃でアニールした単層薄膜は50℃で磁気相転移を示した。この薄膜の上に、前記SiO<sub>2</sub>、SiCをそれぞれ応力測定時と同一条件で、膜厚を変化させて、オーバーコートした。その結果、Fe50Rh50薄膜の相転移温度は図7のようになった。オーバーコート薄膜単独での応力量を反映して、SiO<sub>2</sub>膜の圧縮応力では高温側に、SiC膜の引っ張り応力では低温側に転移点に変化していることがわかる。膜厚に対する変化も直線関係で示されている。

【0021】このように、オーバーコートが堆積する際の応力を利用して、先に形成してあったFe-Rh系薄膜の相転移温度を制御できること、しかもオーバーコート薄膜の作製条件により、低温側にも高温側にも変化させられることがわかる。スパッタで形成したSiNの薄膜についても、図8、図7で示すように同様な効果が確認された。オーバーコート薄膜は上記薄膜に限らず、非磁性であれば、特に制限はない。なお、図6、図7図中、△はSiC、○はSiO<sub>2</sub>、□はSiNの結果を示すグラフである。

【0022】

【実施例2】実施例1と同様に、スパッタならびにアニールしたFe50Rh50合金薄膜（膜厚2000Å）

(4)

特開平7-249517

6

に、図3のような構成でSiO<sub>2</sub>を膜厚に勾配を持たせて形成した。SiO<sub>2</sub>の作製条件は実施例1と同様であるが、基板とターゲットの間にシャッターを設けて、シャッターを等速で移動させて、堆積させる膜厚を変え、膜厚勾配を0から4000Åとしたものである。オーバーコート後の温度に対する磁化変化を図8に示す。オーバーコート薄膜の膜厚勾配を付与することによって、40℃から100℃にかけて、直線的に磁化増加が認められた。この直線性を利用すれば、従来不可能であった、連続的な磁化変化を検出して温度をモニターしたり、力の大きさを制御したアクチュエータなどが形成できる。

【0023】

【実施例3】Fe49Rh50Pd1なる組成の薄膜を2000Å実施例1と同一条件でスパッタで形成、アニールした。この薄膜は40℃で磁気相転移が発生した。この同一薄膜を基板ごと0.5mm角に切断したものを6個用意した。それぞれは、切断前と同じ相転移温度を有している。これら小片ごと、膜厚を変えてSiO<sub>2</sub>オーバーコートを施した。すなわち、膜厚0から800Åきざみで膜厚を増やした。図9にそれぞれの磁化の温度変化を示した。

【0024】これらを、図4で示したような構成として、光検出型温度センサを作製した。この図中で、Fe-Rh合金薄膜41はこの場合前記小片を配列してスライド硝子に固定した。永久磁石43にはNdFeB（Br:1.5T）を、光照射にはファイバを用いず、HeNe（波長630nm）を用いフォトマルで検出した。上記のような構成のセンサのプロープに対応する磁性膜の集合体の裏面にヒータと熱電対を配置して、温度上昇させた際の光強度を測定した。

【0025】結果は図10のように、各小片の磁化変化に対応した光出力が得られ、センサとしての有用性が示された。この例の場合にはオーバーコート膜厚の違う小片を集合させ、また、磁石と組み合わせたが、磁石やプロープは薄膜プロセスで一体形成できることは言うまでもない。

【0026】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の感温磁性薄膜およびその作製方法を用いれば、指定温度を任意に、しかも精密に制御できる感温磁性薄膜が簡便に作製でき、且つ薄膜化、プロセス化が容易で、感温設定を修正できる感温磁性薄膜の作製法ならびに、微小領域の温度を精度よく、遠隔的に光によって検知する薄膜温度センサが実現できるという利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一例の構成図。

【図2】オーバーコートによる磁化-温度特性の変化を示す図。

【図3】本発明の他の具体例の構成図。

【図4】本発明の光検出型薄膜検知センサの一例の模式

図。

【図5】合金薄膜の拡大図。

【図6】実施例1におけるオーバーコートの膜厚と応力の関係を示す図。

【図7】実施例1におけるオーバーコートの膜厚と磁気相転移温度の関係を示す図。

【図8】実施例2におけるオーバーコート後の薄膜の磁化の温度変化を示す図。

【図9】実施例3におけるオーバーコート後の薄膜の磁化の温度変化を示す図。

【図10】実施例3における温度変化に対応した光検出強度を示す図。

【符号の説明】

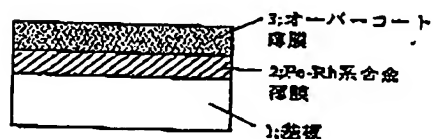
1 基板

(5)

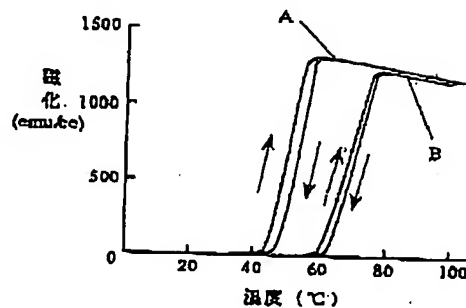
特開平7-249517

- 2 Fe-Rh系合金薄膜  
 3 オーバーコート薄膜  
 41 Fe-Rh系合金薄膜  
 42 基板  
 43 永久磁石  
 44 ヨーク  
 45 発光素子  
 46 光ファイバ  
 47 偏光子  
 48 検光子  
 49 ファイバ  
 410 受光素子  
 411 薄膜部分

【図1】



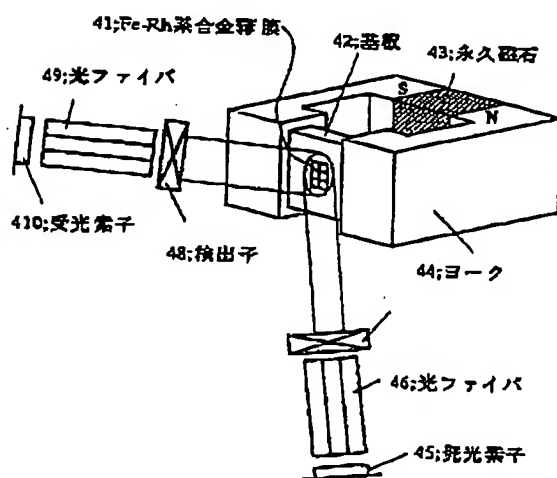
【図2】



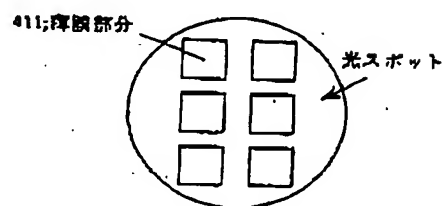
【図3】



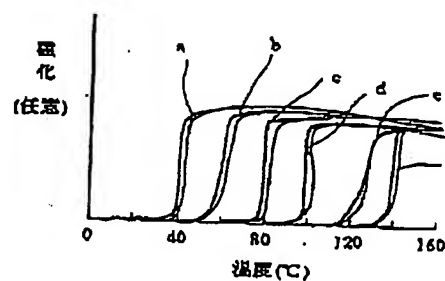
【図4】



【図5】



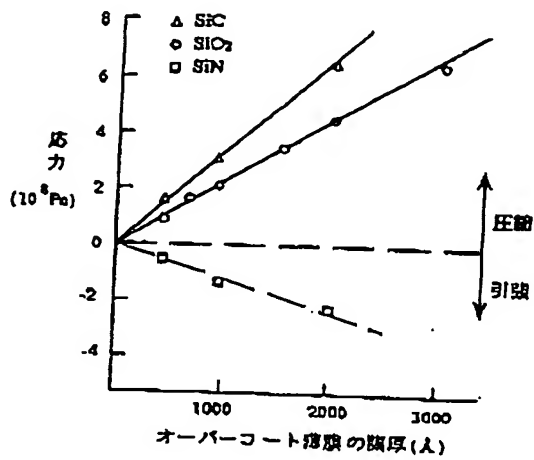
【図9】



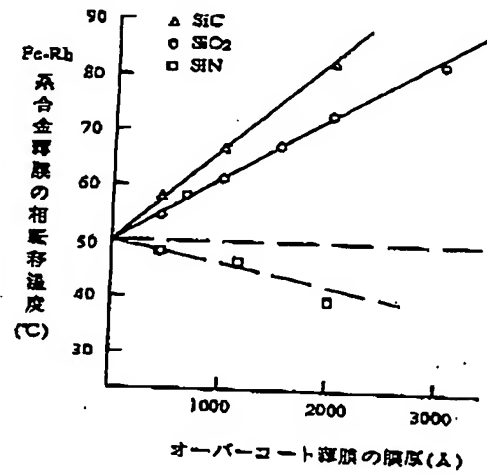
(6)

特開平7-249517

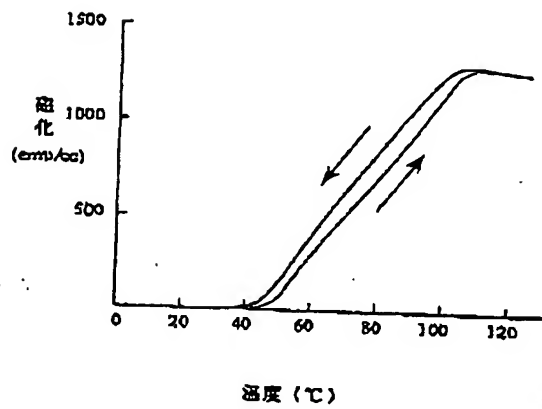
【図6】



【図7】



【図8】



【図10】

